



DEUTSCHES
PATENTAMT

②① Aktenzeichen: P 33 41 719.9
②② Anmeldetag: 18. 11. 83
②③ Offenlegungstag: 24. 5. 84

DE 3341719 A1

③⑦ Unionspriorität: ③② ③③ ③①
22.11.82 US 443419

⑦① Anmelder:
International Standard Electric Corp., New York,
N.Y., US

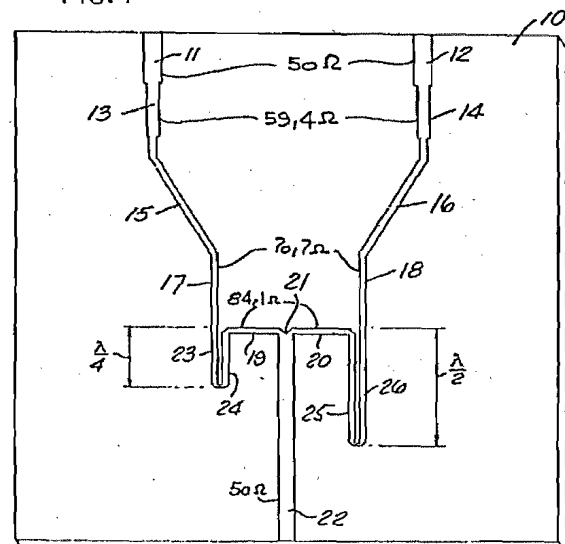
⑦④ Vertreter:
Graf, G., Dipl.-Ing., Pat.-Ass., 7000 Stuttgart

⑦② Erfinder:
Sterns, William George, Canoga Park, Calif., US

⑤④ Symmetrieübertrager

Bei dem Symmetrieübertrager für TEM-Mikrowellen, der in Streifenleitungstechnik realisiert ist, sind zwei Allpass-Filter vorgesehen, welche aus stark miteinander verkoppelten Leitungen (23, 24; 25, 26) bestehen, und die zur Bildung eines Paares abgeglicherter Anschlußleitungen und einer nicht abgeglichenen Anschlußleitung verwendet werden.

FIG. 1



DE 3341719 A1

INTERNATIONAL STANDARD ELECTRIC
CORPORATION, NEW YORK

W.G.Sterns 1

Patentansprüche

1. Symmetrieübertrager für TEM-Mikrowellen, realisiert mittels Streifenleitungen auf einem dielektrischen Substrat, dadurch gekennzeichnet, daß eine nicht abgegliche Leitung (22) vorhanden ist, daß von dieser Leitung in entgegengesetzten Richtungen ein Leitungspaar (19, 20) abzweigt, daß ein erstes Filter vorhanden ist, das aus einem Paar (25, 26) miteinander stark verkoppelten und zueinander parallelen Leitungen, die an ihrem einen Ende miteinander verbunden sind, besteht, und das eine Phasenverschiebung von 360° erzeugt, daß ein zweites Filter vorhanden ist, das aus einem Paar (23, 24) miteinander stark verkoppelten und zueinander parallelen Leitungen, die an ihrem einen Ende miteinander verbunden sind, besteht, und das eine Phasenverschiebung von 180° erzeugt, daß ein Paar weiterer Leiter (11, 12), die einen bestimmten Abstand voneinander aufweisen, vorhanden sind, welche eine abgegliche Leitung bilden, daß jeweils ein Leiter dieser Leitung mit dem offenen Ende eines der Filter verbunden ist, und daß das jeweils andere offene Ende der Filter mit einem Leiter des Leitungspaares, das von der nicht abgeglichenen Leitung ausgeht, verbunden ist.

2. Symmetrieübertrager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Leiter der abgeglichenen Leitung zu den Filtern hin zur Impedanzanpassung unterschiedliche Breiten aufweisen.

- 2 -

W.G.Sterns 1

3. Symmetrieübertrager für TEM-Mikrowellen, realisiert mittels Streifenleitungen auf einem dielektrischen Substrat, dadurch gekennzeichnet, daß ein erster Leiter als nicht abgegliche Anschlußleitung vorhanden ist, daß von diesem ersten Leiter seitlich weitere Leiter abzweigen, welche erste und zweite Leiterstücke aufweisen, deren Längen sich um eine viertel Wellenlänge voneinander unterscheiden, und daß zwei zusätzliche Leiter vorhanden sind, die die beiden Leiter einer abgeglichenen Anschlußleitung sind, wobei der eine der beiden Leiter parallel und eng benachbart zu dem ersten Leiterstück angeordnet und länger als dieses ist, und der andere der beiden Leiter parallel und eng benachbart zu dem zweiten Leiterstück angeordnet ist.
4. Symmetrieübertrager nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß parallel zu dem Substrat (10) eine leitende Platte (27) vorhanden ist.
5. Symmetrieübertrager nach Anspruch 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß beidseitig des Substrats (10) und parallel zu diesem leitende Platten (27, 28) vorhanden sind.

W.G.Sterns 1

Symmetrieübertrager

Die Erfindung geht aus von einem Symmetrieübertrager für TEM-Mikrowellen, realisiert mittels Streifenleitungen auf einem dielektrischen Substrat. Solche Symmetrieübertrager sind insbesondere für Antennen und Übertragungsleitu-
5 systeme geeignet.

Solche Symmetrieübertrager sind an sich bekannt. Sie werden in HF-Schaltungen dazu verwendet, einen Übergang zwischen abgeglichenen Leitungen (z.B. Zweidrahtleitungen) und nicht abgeglichenen Leitungen (z.B. Koaxialleitungen) herzustellen. Bei einer abgeglichenen Leitung ist die augenblickliche
0 Phasendifferenz zwischen den beiden Leitungen 180° oder gleich einem Wert in der Nähe von 180° . Die Phasenbeziehung zwischen einem der Leiter der abgeglichenen Leitung und der nicht abgeglichenen Speiseleitung ist normalerweise ohne
5 Bedeutung. Der Symmetrieübertrager, der in einer der bekannten Leitungstechniken realisiert ist, ist ein reziprokes Bauelement.

Im Kapitel 31.6 des Buches "An Antenna Engineering Handbook", von Henry Jasik, McGraw-Hill Verlag, 1961, ist ein Symmetrie-
0 Übertrager beschrieben. Dieser Beschreibung ist unter anderem zu entnehmen, daß ein Symmetrieübertrager auch dazu verwen- det werden kann, die charakteristische Impedanz einer abge- glichenen Leitung an die einer nicht abgeglichenen Leitung, die sich sehr häufig stark voneinander unterscheiden, anzu-
5 passen. Aus dem oben erwähnten Buch, insbesondere Figur 31-34, ist zu entnehmen, daß eine Symmetrieübertragung auf eine

W.G.Sterns 1

Vielzahl von unterschiedlichen Weisen realisiert werden kann.

5 Das Aufkommen von Übertragungsleitungstechniken, bei denen die Übertragungsleitungen auf billige Weise realisiert werden können wie z.B. Streifenleitungstechnik, Mikrostreifenleitungstechnik und ähnliche Leitungstechniken, machen eine mit diesen Techniken kompatible Form eines Symmetrieübertragers erforderlich. Weiterhin wird häufig eine große Breitbandigkeit, möglichst über den Bereich einer Oktave
10 oder mehr, gefordert.

Die Streifenleitungstechnik an sich und Kriterien zur Auslegung von Streifenleitungen sind ebenfalls in dem Buch "Antenna Engineering Handbook" enthalten.

15 Ein wesentliches Element der Erfindung ist in dem Aufsatz "Coupled-Strip-Transmission-Line Filters and Directional Couplers" von E.M.T.Jones und J.T.Bolljahn, IRE Transactions on Microwave Theory and Techniques, April 1956, als Allpass-Filter beschrieben. In diesem Aufsatz sind die wesentlichen Kriterien zur Auslegung von Konfigurationen mit verkoppelten Streifenleitungen beschrieben und es sind sowohl Abmes-
20 sungen als auch Impedanzverhältnisse beschrieben. Der in dem Aufsatz von Jones und Bolljahn beschriebene Allpass ist ein breitbandiges Bauelement.

25 In dem Aufsatz "Transactions on Microwave Theory and Techniques" von B.M.Schiffmann, IEEE, April 1958, ist die Anwendung von gekoppelten Streifenleitern zur Erzeugung einer 90° Phasenverschiebung erläutert.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen breitbandigen Symmetrieübertrager anzugeben, der nur geringe Verluste aufweist und

W.G.Sterns 1

der preiswert realisiert werden kann, vorzugsweise in der Technik der Streifenleitung oder einer damit verwandten Technik z.B. der Mikrostreifenleitungstechnik. Gemäß einem Ausführungsbeispiel in Streifenleitungstechnik sind auf ein dielektrisches Substrat aufgedruckte Leiter vorgesehen, wobei das Substrat im wesentlichen symmetrisch zwischen einem Paar leitender Platten angeordnet ist. Die nicht abgegliche Leitung (Eingang oder Ausgang, da die Einrichtung reziprok arbeitet) enthält einen einzelnen Leiter, der entsprechend den bekannten Kriterien zur Erzielung einer gewünschten Leitungsimpedanz realisiert ist. Dieser nichtabgeglichene Leiter wird in zwei Leiter aufgespaltet, von denen jeder ein Filter, gebildet durch miteinander verkoppelte Leiter, enthält. Dieses Filter ist als Allpass realisiert. Im weiteren Verlauf der beiden Leiter vergrößert sich der Abstand zwischen den beiden Leitern und sie sind schließlich so angeordnet, daß sie zwei zueinander parallele Leiter sind, die die abgestimmte Leitung (Eingang oder Ausgang) bilden. In diesen Leitern erfolgen geeignete Impedanzanpassungen.

Die nichtabgeglichene Leitung verzweigt sich seitlich in zwei Leiter gleicher Länge, die jeweils mit einem Filter, gebildet durch miteinander verkoppelte Leiter, verbunden sind. Die einen Leiter haben eine Länge von einer viertel Wellenlänge und die anderen haben eine Länge von einer halben Wellenlänge.

Obwohl sich die Phase zwischen der nichtabgegleichenen Leitung und einer der beiden abgeglichenen Leitungen als Funktion der Frequenz ändert, bleibt die Phasenbeziehung zwischen den beiden Leitern der abgeglichenen Leitung 180° oder zumindest in einem kleinen Bereich um 180° .

W.G.Sterns 1

Die Erfindung wird anhand der Zeichnungen beispielsweise näher erläutert. Es zeigt:

- Fig.1 eine Draufsicht auf den neuen Symmetrieübertrager,
Fig.2 eine schematische Darstellung des neuen Symmetrie-
5 übertragers, bei dem die obere und untere leitende Platte auf dem Substrat, auf dem die Leiter aufgebracht sind, abgerundet sind,
Fig.3 ein Diagramm zur Erläuterung von Phasenverhältnissen,
10 Fig.4 den neuen Symmetrieübertrager mit einem Wilkinson Leistungsteiler, und
Fig.5 eine Testschaltung zur Bestimmung der Phasenrelationen als Funktion der Frequenz.

15 In Figur 1 ist der neue Symmetrieübertrager dargestellt. Auf einem dielektrischen Substrat 10 sind in der Technik der gedruckten Leitung Leiter aufgebracht. Den nichtabgeglichenen Eingangs/Ausgangsanschluß bildet ein Leiter 22, der in zwei weitere Leiter 19 und 20 verzweigt. Leiter 23 und 24, deren Länge gleich einer viertel Wellenlänge ist,
20 sind miteinander verkoppelt und bilden ein Allpaß-Filter. Die beiden Leiter 23 und 24 sind an ihrem einen Ende miteinander verbunden (kurzgeschlossen) (bei der in der Figur 1 gewählten Darstellung sind dies die beiden unteren Enden).

25 Der Leiter 20 der Verzweigung ist mit einem weiteren Allpass verbunden, der ebenfalls durch zwei miteinander verkoppelte Leiter 25 und 26 gebildet wird. Diese beiden Leiter haben eine Länge von einer halben Wellenlänge und sind, ähnlich wie die Leiter 23 und 24, an ihrem einen Ende miteinander verbunden. Von den offenen Enden der Leiter 23 und
30 26 führen jeweils Leiter 17 und 18 weiter, welche in Leiter 15 und 16 übergehen. Die Leiter 15 und 16 sind so angeordnet,

- 7 -

W.G.Sterns 1 .

daß ihr gegenseitiger Abstand zunimmt. Ihr Abstand nimmt so lange zu, bis er gleich dem Abstand der beiden zueinander parallelen Leiter 13 und 14, in die die Leiter 15 und 16 münden, ist. Die Leiter 13 und 14 sind mit den abgeglichenen Eingangs/Ausgangsleitungen 11 und 12 verbunden. Die Leiter 13 und 14 sind etwas breiter als die Leiter 15 und 16, was eine stufenförmige Impedanztransformation von den höheren Werten für 15 und 16 zu den niedrigen Impedanzwerten der breiteren Leiter 13 und 12 bedeutet. Zur Anpassung eines nichtabgeglichenen Eingangs/Ausgangs bei 22 mit 50 Ohm an eine abgeglichene Leitung, dargestellt durch 11 und 12, mit 50 Ohm sind die Werte wie in der nachfolgenden Tabelle angegeben gewählt:

	<u>Leiter</u>	<u>Impedanz</u> <u>(Ohm)</u>
15	22	50,0
	19, 21	84,1
	15, 16, 17, 18	70,7
	13, 14	59,4
	11, 12	50,0.

Der Übergangspunkt zwischen dem Leiter 22 und den Leitern 19 und 20 hat die Form einer V-förmigen Kerbe 21, die empirisch geformt und dimensioniert ist. Sie ist so dimensioniert, daß die Breiten der einzelnen Leiter von dem effektiven Zentrum dieser Aufteilung relativ konstant bleiben beim Übergang in die Leiter 19 und 20.

Bei einer Realisierung in Streifenleitungstechnik sind, wie anhand der Figur 2 erläutert, die Leiter der Schaltung auf dem Substrat gemäß der Figur 1 zwischen zwei leitenden Platten 27 und 28 angeordnet. Um den Blick auf die Leiter 11, 12 und 22 auf dem Substrat 10 zu erleichtern, ist von der oberen

- 8 -

W.G.Sterns 1

leitenden Platte 27 ein Teil ausgeschnitten.

Nachfolgend wird wieder auf die Figur 1 Bezug genommen. In dem zitierten Aufsatz von Jones und Bolljahn sind ausführliche mathematische Analysen und Designinformationen hinsichtlich der einzelnen Parameter, einschließlich des Verkopplungsgrades zwischen den zueinander parallel angeordneten Leitern, d.h. 23 und 24 bzw. 25 und 26, enthalten. Aus dem Aufsatz und aus den dort angezogenen Literaturstellen ist es auch bekannt, daß die Verkopplung (Abstand zwischen den zueinander parallelen und miteinander verkoppelten Leitern) empirisch ermittelt werden können. Es ist ein relativ hoher Kopplungsgrad erwünscht. Der Abstand zwischen den beiden zueinander parallelen und miteinander verkoppelten Leitern ist üblicherweise ein kleiner Bruchteil der Leiterbreite. Ist die Streifenbreite der Leiter in diesen verkoppelten Abschnitten, den Allpass-Filtern 3/64 inch (0,119 cm), dann kann der Abstand zwischen zwei Leitern kleiner als 1/64 inch (0,04 cm) gewählt werden. Bei hohen Leistungspegeln des HF-Signals muß darauf geachtet werden, daß der Abstand nicht so klein ist, daß ein Spannungsüberschlag erfolgt.

Die Gleichungen für die Impedanz (Z_I) in Ausdrücken der charakteristischen Impedanzen für den geraden und den ungeraden Modus der Leitungen (Z_o und Z_{oe}) und der elektrischen Länge (θ) der miteinander verkoppelten Abschnitte sind wie folgt:

$$Z_I = \sqrt{Z_{oo} Z_{oe}}$$

$$\cos \phi = \frac{\frac{Z_{oe}}{Z_{oo}} - \tan^2 \theta}{\frac{Z_{oe}}{Z_{oo}} + \tan^2 \theta}$$

W.G.Sterns 1

Ist die Länge des einen Abschnittes 90° , dann ist die durch den Allpass erzeugte Phasenverschiebung 180° ; für eine elektrische Länge von 180° erhält man entsprechend eine Phasenverschiebung von 360° . Dadurch erhält man bei der Realisierung gemäß der Figur 1 eine Phasenverschiebung von 180° zwischen den Anschlüssen der abgeglichenen Leitungen (Leiter 11 und 12 in den Figuren 1 und 2) bei der mittleren Frequenz, für die die Anordnung ausgelegt ist und bei 2 weiteren Frequenzen, die symmetrisch zu der mittleren Frequenz liegen. Die Lage der äußeren Frequenzen in Bezug auf die mittlere Frequenz ist bestimmt durch das Verhältnis der Impedanzen von geradem zu ungeradem Modus der Abschnitte, die die Allpass-Filter bilden.

Wenn das Verhältnis $\frac{Z_{oe}}{Z_{oo}} = \rho$ ist und wenn ρ den gleichen

Wert hat für die beiden Phasenverschiebungsnetzwerke (das sind die Abschnitte, in denen die Leiter miteinander verkoppelt sind), dann sind die Auswirkungen der Herstellungstoleranzen, die Änderungen der Dielektrizitätskonstanten des Substrats und Abstandsänderungen der leitenden Platten minimiert.

Zum Nachweis der erzielten Leistung wurde eine Anordnung verwendet, bei der ein Substrat hoher Güte, das einen Nennwert für die Dielektrizitätskonstante von 2,5 aufweist, verwendet und auf diesem Substrat wurden wie anhand der Figur 5 erläutert, Leiter angeordnet.

Anhand der Figur 5 wird die Leistung der Allpass-Filter (gebildet durch die miteinander verkoppelten Leitungen) zur Erzeugung einer gewünschten Phasenverschiebung, die für die Symmetrieübertragung benötigt wird, erläutert. Die Anordnung nach Figur 5 ist in Wirklichkeit eine Testschaltung für einen

- 10 -

W.G.Sterns 1

Symmetrieübertrager, bei der ein gerader Streifen 47 als Referenzleitung zur Messung einer Phasenverschiebung vorgesehen ist. Die beiden anderen Wege enthalten $\frac{\pi}{2}$ - und π Abschnitte (Abschnitte mit einer viertel und mit einer halben Wellenlänge). Der $\frac{\pi}{2}$ -Abschnitt befindet sich zwischen Streifen 41 und 43 und der π -Abschnitt befindet sich zwischen Streifen 44 und 46.

Die Phasenverschiebung auf der Leitung 47 ist direkt proportional zur Frequenz:

$$\phi(\text{Grad}) = \frac{L f}{c} \times 360^\circ$$

L = Länge
f = Frequenz
c = Lichtgeschwindigkeit.

Bei dem Diagramm in der Figur 3 stellt die gerade Linie 48 den Ausgang einer nichtdispersiven Phasenbrücke dar, wenn die Test- oder Referenzleitung 47 in die Brücke eingefügt ist. Es wird angenommen, daß die Anordnung nach Figur 5 auf der linken Seite angeregt wird und daß Signale von den Leitungen 43 und 46 abgenommen werden. Für diesen Fall geben die Linien 49 und 50 in dem Diagramm der Figur 3 die Phase der Ausgangssignale relativ zu der Phase, die durch die gerade Linie 48 dargestellt ist, an. Es zeigt sich, daß die relative Phase zwischen den Signalen auf den Leitern 43 und 46 nahezu konstant und gleich 180° ist. Bei einer realisierten Testanordnung nach Fig. 5 wurde eine 180° Phasenverschiebung mit einer Toleranz von 1 % über eine Bandbreite von 33 % gemessen. Diese Beziehung ist direkt proportional zu der Phasenbeziehung zwischen den Anschlüssen 11 und 12 des Symmetrieübertragers in Figur 1 und 2. Daraus ergibt sich, daß ein solcher Symmetrieübertrager zumindest für eine Band-

-11-

W.G.Sterns 1

breite mit 33 % geeignet ist. Bei einer Realisierung des Symmetrieübertragers wurde im Frequenzbereich von 4,3 bis 6,7 GHz, das heißt über eine Bandbreite von 43 %, eine Phasendifferenz von $172^{\circ} \pm 1^{\circ}$ gemessen. Mittels empirischer
5 Einstellungen der Längen der miteinander verkoppelten Streifen, die die Allpass-Filter bilden, kann diese Phasendifferenz ziemlich genau auf 180° eingestellt werden und zwar bei der mittleren Frequenz und bei den beiden oben erwähnten zusätzlichen Frequenzen.

10 Die Impedanzbandbreite des Symmetrieübertragers gemäß Fig.1 ist nur durch die Bandbreite des Impedanzwandlers beschränkt, die nahezu willkürlich groß gemacht werden kann, da die Impedanz der Allpass-Filterabschnitte von der Frequenz unabhängig ist.

15 Anhand der Fig.4 wird eine Anpassung des Symmetrieübertragers an eine Dipolantenne erläutert. Die Dipolantenne 29 und 30 ist in einer festen Relation zu einer leitenden Oberfläche (Reflektor oder ähnliche) 50 montiert. Abgegliche Speiseleitungen 31 und 32 passieren die leitende Fläche 50 an
20 Speisepunkten 48 und 49. Die beiden Leitungen 31 und 32 sind jeweils mit Abschnitten 33 und 34, die miteinander verkoppelte Leiter enthalten, verbunden. Obwohl sich diese Abschnitte in der Darstellung nach Figur 4 in seitlicher Richtung erstrecken, sind sie elektrisch äquivalent zu der Anordnung
25 nach Figur 1. Die Leiter 35 und 36 sind die Äquivalente zu den Leitern 19 und 20 in Figur 1. Die Enden der Leiter 35 und 36 sind mit einem Widerstand 37 verbunden. Vom Widerstand 37 aus führen Leiter 38 und 39 zu einem nichtabgegleichen Anschluß 40. Die Schaltung stellt einen Leistungs-
30 teiler vom Wilkintontyp dar, kombiniert mit einer Symmetrieübertragung gemäß der Erfindung. Die Anordnung nach Figur 4

- 12 -

W.G.Sterns 1

5

stellt dar eine Kombination von einem isolierten Leistungsteiler und einem Symmetrieübertrager, die über einen großen Frequenzbereich betrieben werden können. Ein solcher isolierter Leistungsteiler ist unabhängig von den Impedanzwerten der Last. Der Wilkinson-Leistungsteiler kann durch einen anderen entsprechenden Leistungsteiler ersetzt werden.

-13-

BAD ORIGINAL

FIG. 1

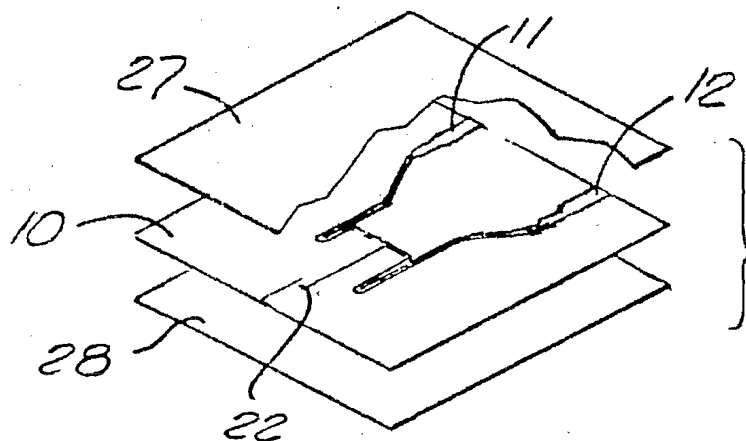
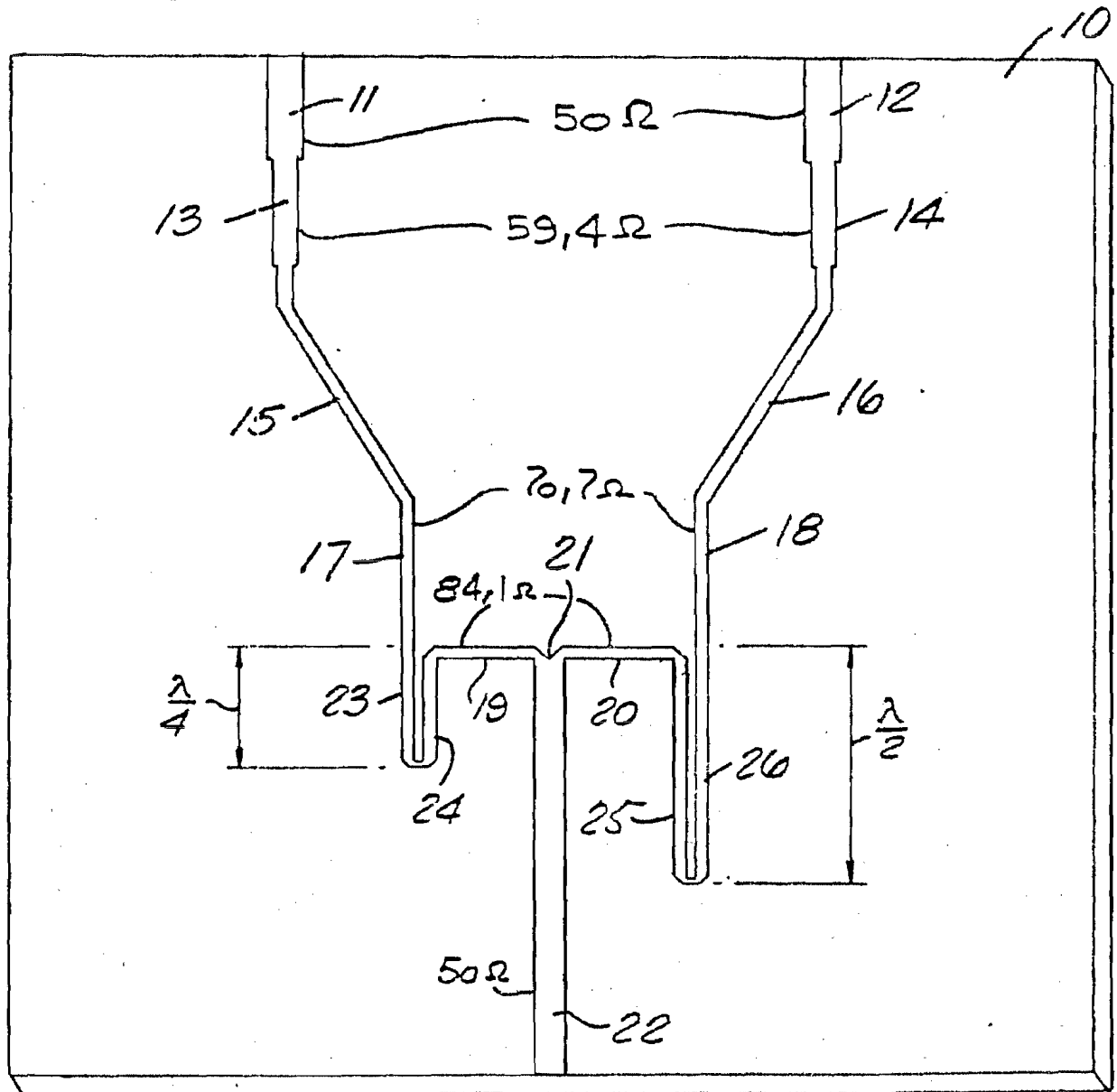


FIG. 2

FIG. 3

